

①

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-048039

(43)Date of publication of application : 23.02.1999

(51)Int.Cl.

B23H 1/02

(21)Application number : 09-227012

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 11.08.1997

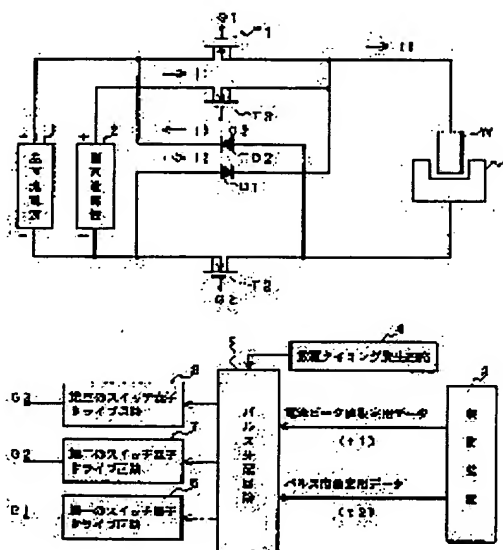
(72)Inventor : KURIHARA SEIKI  
MURAI MASAO  
SAKURAI AKIHIRO  
KAWAHARA AKIYOSHI

## (54) POWER SUPPLY DEVICE FOR ELECTRIC DISCHARGE MACHINING

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a power supply for electric discharge machining which can generated electric discharge machining current pulses having a steep rising and falling velocity and so excellent machining efficiency.

**SOLUTION:** When a dischargeable condition is generated, switching elements T2 and T3 are turned on, and from an auxiliary DC power supply 2 of low voltage an electric discharge machining current I<sub>0</sub> is sent to between a workpiece W and an electrode P. Then a switching element T1 is turned on for a time width decided by the data for setting a current peak value. High voltage is impressed from a main DC power supply 1 so that the electric discharge machining current I<sub>0</sub> increases with a steep rise. When the switching element T1 is turned off, the machining current I<sub>0</sub> shows the peak value, which is held by the current fed from the auxiliary DC power supply 2. When the set pulse width has elapsed and the switching elements T2 and T3 are turned off, the current due to the induction energy is fed back to the main DC power supply 1 through diodes D1 and D2, and the machining current falls steeply, when a rectangular machining current waveform will be obtained which ensures effective machining.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3347277

[Date of registration]

06.09.2002

[Number of appeal against examiner's decision]

特開平11-48039

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月23日

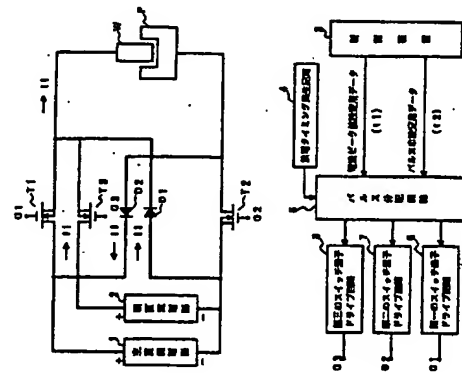
(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	P I	C
B 23 H 1/02		B 23 H 1/02	C
審査請求 有 請求項の数 6 F D (全 13 F D)			
(21) 出願番号	特開平9-227012	(71) 出願人	390008235 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3590番 地
(22) 出願日	平成9年(1997) 8月11日	(72) 発明者	栗原 正雄 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3590番 地 ファナック株式会社内
		(73) 発明者	村井 正生 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3590番 地 ファナック株式会社内
		(74) 代理人	井土士 竹本 俊司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 放電加工機の放電加工電源装置

(57) 【要約】

【課題】 急峻な立ち上がり及び立ち下がり速度をもつ加工効率のよい放電加工電源装置を提供することである。

【解決手段】 放電可能な状態になるとスイッチング素子 T2、T3 をオンし、低電圧の副直流電源 2 により電流を流す。放電加工電源 10 が急峻な立ち上がりで上昇する。スイッチング素子 T1 がオフになったとき放電加工電源 10 はピーク値となり、設定電圧に達する。その後はスイッチング素子 T1 を電流ピーク値設定用パルス発生回路 13 から設定された値の電流パルスが出力され、スイッチング素子 T1、T2 はオフとなる。スイッチング素子 T1、T2 がオフとなった後、この放電回路中のインダクタンスによって蓄積されていた誘導エネルギーを直流電源 10 に帰還させるようにダイオード D1、D2 が流れる。電流ピーク値設定用パルス発生回路 13 から設定された値の電流パルスが出力され、スイッチング素子 T1、T2 はオンとなる。この場合、図 8 (ハ) の図 8 (ハ) に示すように、直流電源 10 の電圧が急峻に立ち上がり、急峻に立ち下がる。図 8 (ハ) の図 8 (ハ) に示すように、直流電源 10 の電圧が急峻に立ち上がり、急峻に立ち下がる。



(特許請求の範囲)

【請求項 1】 主直流電源と、該主直流電源よりも出力電圧が低い副直流電源を備える放電加工機の放電加工電源装置において、電圧と放電加工機の放電加工電源装置において、主直流電源と副直流電源の一方の出力端子にそれぞれ第 1 のスイッチング素子、第 3 のスイッチング素子を介して電圧もしくは放電加工機の一方に接続し、主直流電源と副直流電源の地方の出力端子は第 2 のスイッチング素子を介して電圧もしくは放電加工機の地方に接続し、上記各スイッチング素子のオンオフを制御する制御手段を備え、共に、上記電圧と放電加工機への電圧印加停止後の誘導エネルギーを上記主直流電源へ帰還させる帰還回路を設けたことを特徴とする放電加工機の放電加工電源装置。

【請求項 2】 主直流電源と、該主直流電源よりも出力電圧が低い副直流電源を備える放電加工機の放電加工電源装置において、主直流電源と副直流電源の一方の出力端子にそれぞれ第 1 のスイッチング素子、第 3 のスイッチング素子を介して電圧もしくは放電加工機の一方に接続し、主直流電源と副直流電源の地方の出力端子は第 2 のスイッチング素子を介して電圧もしくは放電加工機の地方に接続し、上記各スイッチング素子のオンオフを制御する制御手段を備え、共に、上記電圧と放電加工機への電圧印加停止後の誘導エネルギーを上記主直流電源へ帰還させる帰還回路を設けたことを特徴とする放電加工機の放電加工電源装置。

【請求項 3】 主直流電源と、該主直流電源よりも出力電圧が低い副直流電源を備える放電加工機の放電加工電源装置において、主直流電源と副直流電源の一方の出力端子にそれぞれ第 1 のスイッチング素子、第 3 のスイッチング素子を介して電圧もしくは放電加工機の一方に接続し、主直流電源と副直流電源の地方の出力端子は第 2 のスイッチング素子を介して電圧もしくは放電加工機の地方に接続し、上記各スイッチング素子のオンオフを制御する制御手段を備え、共に、上記電圧と放電加工機への電圧印加停止後の誘導エネルギーを上記主直流電源へ帰還させる帰還回路を設けたことを特徴とする放電加工機の放電加工電源装置。

【請求項 4】 上記制御手段は、電圧と放電加工機間で放電可能な状態に合わせて、上記第 2、第 3 のスイッチング素子をオンさせると共に同時にもしくは遅れて第 1 のスイッチング素子をオフさせた時間オンさせた後、設定されたオン時間経過後上記第 2、第 3 のスイッチング素子をオンさせる請求項 2 又は 3 記載の放電加工機の放電加工電源装置。

【請求項 5】 上記第 3 のスイッチング素子の代わりにダイオードを用いた請求項 2、3 又は 4 記載の放電加工機の放電加工電源装置。

【請求項 6】 上記誘導エネルギーを上記主直流電源へ帰還させる帰還回路はダイオードで構成される請求項 2、3 又は 4 記載の放電加工機の放電加工電源装置。

2、3、4 又は 5 記載の放電加工機の放電加工電源装置。

【発明の詳細な説明】

(0001)

【発明の属する技術分野】 本発明は、放電加工機の放電加工電源に関する。

(0002)

【従来の技術】 放電加工においては、放電電流の電圧パルス幅が小さく、放電電流のピーク値が大きいほど加工速度を向上させることができる。そのため、狭小なパルス幅で高いピーク電流を得る放電加工電源装置として、図 7 に示すような放電加工電源が従来から知られており、図 7 において、10 は直流電源、T11、T12 はトランジスタや FET 等で構成されるスイッチング素子、D11、D12 はダイオード、W は放電加工機、P は電圧である。11 は第 1 のスイッチング素子 T11 をドライブするドライブ回路、12 は第 2 のスイッチング素子 T12 をドライブするドライブ回路であり、13 は設定されたデータに基づいたパルス幅の電圧を出力する電圧ピーク値設定用パルス発生回路である。

(0003) 放電加工機 W と電圧 P との間で放電可能な条件が満たされたとき、電圧ピーク値設定用パルス発生回路 13 から、設定された値の電圧パルスが出力され、ドライブ回路 11、12 を介してスイッチング素子 T11、T12 の FET のゲート G11、G12 に印加され、スイッチング素子 T11、T12 をオンとする。直流電源 10 からスイッチング素子 T11、放電加工機 W、電圧 P、スイッチング素子 T12、直流電源 10 へと放電電流 I0 が流れる。電圧ピーク値設定用パルス発生回路 13 から設定された値の電圧パルスが出力されるとスイッチング素子 T11、T12 はオフとなる。スイッチング素子 T11、T12 がオフとなった後、この放電回路中のインダクタンスによって蓄積されていた誘導エネルギーを直流電源 10 に帰還させるようにダイオード D11、放電加工機 W、電圧 P、ダイオード D12、直流電源 10 へと電流 I1 (= I0) が流れる。こうして放電加工機 W、電圧 P 間に流れる電流 I0 によって、放電加工機 W に放電加工がなされる。

(0004) 図 8、図 9 は上記動作によって得られる放電電流 (加工電流) の説明図であり、図 8 は、直流電源の電圧を上げた場合、図 8 は直流電源 10 の電圧を下げた場合の電流波形を示している。電圧ピーク値設定用パルス発生回路 13 から設定された電圧パルス (パルス幅 I) でスイッチング素子 T11、T12 がオンになると (図 8、図 9 の (イ)、(ロ) 参照)、放電加工機 W と電圧 P 間には直流電源 10 の電圧が印加され、放電回路中のインダクタンスによって流れる電流 I0 は時間と共に増大する。この場合、図 8 (ハ)、図 9 (ハ) に示すように、直流電源 10 の電圧が急峻に立ち上がり、急峻に立ち下がる。図 8 (ハ) の図 8 (ハ) に示すように、直流電源 10 の電圧が急峻に立ち上がり、急峻に立ち下がる。

50

スイッチング素子T11、T12がオフとなると、上述したダイオードD11、D12を介する帰還電流11が流れるが、この電流の立ち下がり速度も、直流電源10の電圧が高いと速く、低いと遅くなる(図8、図9の(ハ)、(ニ)参照)。この図8、図9から分かるように、放電電流のピーク値11は、直流電源10の電圧と電流ピーク値設定用パルス信号発生回路13からのパルス信号のピーク値11によって決まり、加工パルス幅は、上記電流ピーク値設定用のパルス幅11と直流電源の電圧によって決まる放電電流の立ち下がり時間12を2倍した値となる。

[0005]図10は、電流ピーク値設定用のパルス幅11と電流ピーク値11、及び直流電源電圧Vとの関係を示した図であり、直流電源の電圧をV1〜V3と変え、同一電流ピーク値11を用いると電流ピーク値設定用のパルス幅11は、直流電源電圧Vを上げるほど小さくなることを示している。

[0007]図8〜図11に示すように、加工条件として、加工パルス幅(11+12)と電流ピーク値11とをそれぞれ選択する場合は、それぞれ互に変化する必要があるため、スイッチング素子T11、T12をオンとすると直流電源10の電圧Vが被加工物Wと電極P間に印加され放電電流10が流れ、スイッチング素子T11、T12がオフになると、回路中のインダクタンスに蓄えられた誘導エネルギーにより電流11がダイオードD11、被加工物W、電極P、ダイオードD12を介してエネルギー-同生回路20に同生される。直流電源10の電圧は一定に固定されており、スイッチング素子T11、T12がオンとなるパルス幅、すなわち電流ピーク値設定用パルス幅11によって、電流ピーク値は決まり、電流の立ち下がり時間は、同生回路20の電圧によって決まることになるから加工パルス幅をこの同生回路20の電圧を調整することによって決めることができる。

[0008]図13は、図12に示す放電加工電圧回路において、同生回路20の電圧を高くした場合の電流波形等を示す図であり、図14は同生回路20の電圧を低くした場合の電流波形等を示す図である。

0の電圧を低くした場合の電流波形等を示す図である、スイッチング素子T11、T12がオンする電流ピーク値設定用パルス幅11によって電流ピーク値11は決まり、図13、図14においては同一である。しかし、同生回路20の電圧が異なることから、この電圧が高い図13では電流の立ち下がり時間12は短くなり、電圧が低い図14では電流の立ち下がり時間12は長くなる。加工パルス幅は、電流を立ち下げる電流ピーク値設定用パルス幅11と電流を立ち下げる時間12を加算した値であるから、同生回路20の電圧を調整することによって調整することができる。すなわち、電流ピーク値は直流電源の電圧と電流ピーク値設定用パルス幅11によって決め、加工パルス幅は同生回路20の電圧を調整することによって決めることができることになる。

[0010] [発明が解決しようとする課題] しかしながら、上述した従来の方法では、いずれも放電電流波形は三角形となっており放電加工性能の向上には大きな障害となっている。放電加工における放電は、電極と対向する被加工物と電極との間に、数 $\mu\text{m}$ 以下となるような微小な導電路を貫し出した後、上記パルス電流を流し、そこで発生する熱エネルギーによって、強制的にその微小な導電路またはそれに依る電極と被加工物の微小部分を蒸散もしくは溶融飛散させることから始まる。

[0011] すなわち、パルス電流の時間的な変化率の大きさ、すなわち急峻な立ち上がりを持つ電流と、電流の大きさ、電極と被加工物材料との熱的な特性、そして熱伝導の冷却特性などによって上記微小部分での蒸散もしくは溶融飛散の程度が決定する。

[0012] 被加工物が電気抵抗の小さい材料であればジュール熱による蒸散は少なく、熱伝導率のよい材料であれば微小部分での発熱や温度上昇は抑えられ、また、溶融熱が小さく溶融温度の高い材料は、たとえ発熱しても溶け難い。溶融時の粘性が大きい材料は溶融してもなかなか飛散しない。これらのいくつかの条件が重複することによって、実際の加工では、加工速度が速い、面割りが鋭い又は細かい、短絡しやすい、加工効率が高まる。集中放電が起きやすいなどの現象として現れる。また、ワイヤ放電加工においては短絡が多い、ワイヤ破断頻度が多いなどの結果となっている。

[0013] 特に、上記短絡現象をなくするには従来は電極材料に溶融温度や溶融熱の低い、また溶融時の粘性の低い、さらさらとした材料からなる合金が使われていた。真鍮などの合金がこれに相当するが、一方で電極が溶けやすいため、溶融時に生じてワイヤ放電加工機や電極加工機以外ではあまり使われていない。なお、ワイヤ放電加工用ワイヤ電極には溶融温度の低い、かつ溶融した時の粘性の小さい材料を被覆した特殊ワイヤが用いられる。

が、上述の短絡を防止して加工効率を上げる効果がある。

[0014] 放電開始後は、放電回路の絶縁抵抗を減少させて、急峻に起るパルスを形成する。そしてこの内圧力の反作用によって、上記溶融部分はえぐり取られ、放電の継続時間にしたがって次第に溶融部分が広がって次第に小さくなる。したがって材料と放電時間による一方、発生する内部圧力の密度はパルスの密度に比べるべくもならない。また、加工速度は低下する。特に放電時間(パルス幅)の必要以上の印加は電極や被加工物の発熱に使われ溶融に多くを要す結果、溶融層の厚い加工面質となり好ましくない。

[0015] そのため、放電能力としての電流ピーク値や電流の立ち上がり速度の大きさ、加工能力として放電時間(パルス幅)を加えた各条件が、電極、被加工物、絶縁抵抗の熱的な特性の違いによって、それぞれが単独で選択できるようにすることが望ましい。また、上述の説明のとくなく極端にパルス幅の狭い領域において、三角波状パルスでは効率的な加工を行うことができない。そこで、本発明は、急峻な立ち上がり及び立ち下がり速度をもつ加工効率的な放電加工電流パルスを生成することができ放電加工電源を提供することにある。

[課題を解決するための手段] 本発明は、主直流電源と、被加工物Wよりも出力電圧が低い副直流電源を設け、スイッチング手段によって、電極と被加工物の放電可能状態に合わせ、上記主直流電源及び副直流電源より同時にもしくはどちらか一方を選択して電極と被加工物間に電圧を印加して放電電流を流し、主直流電源によって電圧印加を停止した後は上記副直流電源より電圧を印加して放電電流を供給させ、副直流電源からの電圧印加を停止した後、回路中に蓄積された誘導エネルギーを上記主直流電源に帰還させるようにする。これにより、放電電流の立ち上がり急峻に主直流電源からの電圧印加を停止したときのピーク電流値を副直流電源によって保持し、かつ、電圧印加が停止した後は誘導エネルギーを主直流電源に帰還させることによって放電電流の立ち下がり急峻にして電極形状の放電パルスを生成する。

[発明の実施形態] 図1は本発明の第1の実施形態の放電加工電源回路の回路図である。符号1は主直流電源であり、符号2は被加工物Wの出力電圧より低い電圧を供給する副直流電源である。T1、T2、T3はトランジスタやFET等で構成される第1、第2、第3のスイッチング素子で、この実施形態ではFETで構成されている例を示している。主直流電源1のプラス側端子は第1のスイッチング素子T1を介して被加工物Wに接続され、また副直流電源2のプラス側端子は第3のスイッチング素子T3を介して被加工物Wに接続されている。

スイッチング素子T3を介して被加工物Wに接続されている。主、副直流電源1、2のマイナス側端子は、第2のスイッチング素子T2を介して電極Pに接続されている。主、副直流電源1、2のマイナス側端子と被加工物W間にはダイオードD1が逆方向に接続され、主直流電源1のプラス側端子と電極P間にはダイオードD2が逆方向に接続されている。なお、被加工物Wと電極Pは被加工物Wをプラス側、被加工物Wをマイナス側)に接続する場合もある。

[0018] スイッチング素子T1、T2、T3を構成するFETのゲートG1〜G3には、それぞれスイッチング素子T1、T2、T3の駆動パルスによって、各スイッチング素子T1、T2、T3をオンオフ制御するようにしている。パルス分配回路5は単安定マルチバイブレータ等で構成され、放電タイミング発生回路4から出力されるタイミング信号により、放電加工機を制御する制御装置3から出力される電圧データ(11)によって予め決められたパルス幅のパルス等を出力し、後述するようにスイッチング素子T1〜T3をオンさせる。放電タイミング発生回路4は図示しない放電加工物Wと電極P間の放電もしくは放電電流を抽出する回路等によって検出される、電極Pと被加工物W間の放電可能な状態に合わせてタイミング信号を出力する。

[0019] 図4はこの第1の実施形態における動作タイミングと放電電流(加工電流)の波形を示す図である。電極Pと被加工物W間の放電可能な状態に合わせて放電タイミング発生回路4よりタイミング信号が出力されるとパルス分配回路5は、予めパルス幅設定用データによって設定されているパルス幅12のパルスを出力し、第2、第3のスイッチング素子T2、T3をオンとする。第3のスイッチング素子T3がオンすると、その結果、副直流電源2の電圧が第3のスイッチング素子T3を介して第2、第3のスイッチング素子T2、T3を介して第1のスイッチング素子T1をオンさせる(図4(イ)参照)。その結果、高い電圧の主直流電源1から電流が流れ始め放電加工物Wと電極P間には図4(ニ)に示すように加工電流10は急峻な立ち上がりで上昇する。

[0020] 設定された時間11が経過して第1のスイッチング素子T1がオフになると、加工電流10の上昇は停止し、上記間隙には再び副直流電源2から電流10が流れ始める。

[0021] 図5は、図4に示す放電加工電源回路において、同生回路20の電圧を高くした場合の電流波形等を示す図であり、図6は同生回路20の電圧を低くした場合の電流波形等を示す図である。

(S)

1 が供給され加工電流 10 はそのピーク値が維持されて流れることになる。そして、設定されたパルス幅設定用の時間間隔 1, 2 が経過して、第 2、第 3 のスライディング窓の時間間隔 1, 2, 3 がオフトになる、回路中のインダクタンス  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  がオフトによって蓄積された誘導エネルギーによる電流 12, 13 がダイオード D1, 被加工物 W、電圧 P、ダイオード D2、主直流電圧 1へへ流れ増大される。この時、電圧の高い主直流電圧 1に増強されることになるから、この加工電流 ( $I_2 = I_3 = I_0$ ) の立ち下がり速度は急峻である。以下この動作を繰り返して実行し放電加工が行われることになる。

【0025】設定された時間幅1が経過して第1のスイッチング動作2が完了になると、加工電流10の上昇は停止し、上記時間幅1に再び暫定電流2からダイオードF3を介して電流11が供給され加工電流10（＝11）はそのピーク値が維持されて流れることになる。そして、設定されたパルス幅設定用の時間幅12が経過すると、第2のスイッチング動作2が完了になると、回路中のインダクタンスによって蓄積された誘導電圧エネルギーによる電流12、13がダイオードF1、加工物W、電極P、ダイオードF2、主直流通電線1へと流れる。選よれる。この時、電圧の高い主直流通電線1に帰還されることとなるから、この加工電流（ $12 = 13 = 10$ ）の立ち上がり速度は急増である。以下この動作を繰り返して実行し放電加工が行われることになる。

【0026】この第2の実施形態においても、加工パル  
ス幅はパルス幅設定用データ12によって決めることが  
でき、電流のピーク値1Pは電流ピーク値設定用データ  
(11)によってそれぞれ独立して決めることができ、  
加工電流の立ち上がり立ち下がり急峻にした矩形波  
の加工電流波形を得ることができ、

【0027】図3は、本発明の第3の実施形態の放電増加工工程の回路図である。また第6図はこの第3の実施形態における動作タイミングと放電波（加工電流）の波形的な相関を示す図である。第2の実施形態と相違する点は、主として、副直流電源1と副直流電源2が直列に接続されている点である。すなわち、副直流電源2のプラス側端子が主直流電源1のマイナス側端子に接続され、主直流電源1のプラス側端子が第1のスウィッチング素子T1を介して加工工物Wに接続され、電極Pは第2のスウィッチング素子T2を介して副直流電源2のマイナス側端子に接続されていいる。そして、副直流電源2と主直流電源1の接続点と、加工工物Wに順方向にダイオードD1が接続され、主直流電源2のプラス側端子と電極Pとの間にダイオードD2が逆方向に接続されている。他の構成は第2の実施形態と同様である。

**【0028】**放電タイミング発生回路からタイミ  
ング信号が出力されると、パルス分配回路5はパルス幅12  
ビットの用データ(1,2)によって設定されているパルス幅12  
ビットのスライッシングを出力し、第2のスライッシングサ  
ーバードF1を介して第2のスライッシング素子T2を第6図  
(c)に示すようにオンする。制御線電圧2からダイ  
オードD1を介して熱加工物W、電極P、第2のスライ  
ッシング素子T2、制御線電圧2へと電流I<sub>2</sub>が流れ通電

ポイントが確保される（図8（ハ）、（ニ）参照）。この電流の立ち上がりは整流電源2の出力電圧が低いことと相俟つておこるが、続いて設定された遅延時間おいてはパルス分回路5から電流ビーク設定用データで設定された遅延時間11のパルスが出力され、第1のスイッチング素子トランジスタ8を介して第1のスイッチング素子T1を導通させる（図8（イ）参照）。その後、高い電圧の直流通電1から電流が流れ始め、被加工物Wと電極部2間に図8（ハ）に示すように加工電流10は急激な立ち上がりで上昇する。

【0020】設定された時間幅 $1$ が経過して第 $1$ のスイッチング素子 $1$ がオフになると、加工電流 $10$ の上昇は停止し、上記期間には平均副電流電流 $2$ からダイオード $1$ を介して電流が供給され加工電流 $10$ はそのままのレベルで維持されて流れることになる。そして、設定されたパルス幅設定用の時間幅 $2$ が経過して、第 $2$ のスイッチング素子 $2$ がオフになると、回路中のインダクタ $3$ によって蓄積された誘導エネルギーによる電流 $1$ がダイオード $1$ 、加工物 $W$ 、電極 $P$ 、ダイオード $2$ 、主整流電流 $1$ へと流れ得られる。この時、電圧 $1$ の値は主整流電流 $1$ に帰還されることになるから、この加工電流 $(I_2 = I_0)$ の立ち下がり速度は急峻である。以下この動作を繰り返して実行し放電加工が行われることになる。

【0030】この第3の実施形態において、ダイオード\*

\* D1に代えて第3のスイッチング素子を設けても良い。  
この場合には、ダイオードD1が誘導エネルギーを主として消費し、電源電圧 $V_0$ にほぼ等しい電圧を発生していること、また、誘導エネルギーを消費させるために制御電圧 $V_0$ のマイナスインパルスと放電回路Wとを構成して電圧 $V_0$ を逆方向に流すようにすればよい。そして、上記第3のスイッチング素子は第1の放電回路と同様に第2のスイッチング素子T2と同時にオン・オフ制御すればよい。

(0031) この項3の実施形態においても、加工バルブはバルブ位置設定用データ12によって決めることができ、電流のピーク値1Pは電流ピーク値設定用データ(11)によってそれぞれ独立して決めることができ、加工電流の立ち上がり立ち下がりを含めた略矩形成の加工電流波形を得ることができ、

(0032) 表1は、被加工物Wの材料にSKD11、ワイヤ電極Dと直径0.2mmの真鍮ワイヤを使用し、本発明の放電加工装置によるワイヤ放電加工と、従来の放電加工装置設置によるワイヤ放電加工と、従来の放電加工装置によるワイヤ放電加工とを比較した表である。また、表2は、本発明の放電加工装置により、電流ピーク値を一定(210A)にした加工パルス幅を変化させ、ワイヤ放電加工を行ったときの加工比を表である。



(0033)

【表二】

種	中野製パン株式会社
---	-----------

製法：食料ワイヤ 直径0.2mm

【表】

製菓の巨匠による名品	本誌刊にもなる名品
響流ピーチ派	350A
ベルス園	1. 6秒
響流派事件	1. 1秒
	
響流派圧力	10 kg/cm <sup>2</sup>
響流平均圧	40V
響流平均電流	5A
響流加工速度	87 mm <sup>2</sup> /分
響流さ	24 mm/s
	
	10 kg/cm <sup>2</sup>
	40V
	5A
	110 mm <sup>2</sup> /分
	16 mm/s

【表2】

**[0034]**

11  
加工機: SKD11 厚さ0.05mm  
加工機: SKD11 厚さ0.2mm  
加工機: SKD11 厚さ0.5mm

加工機	厚さ	加工機	厚さ	加工機	厚さ
SKD11	0.05mm	SKD11	0.2mm	SKD11	0.5mm
0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

【0035】  
【発明の効果】本発明は、放電加工電流のピーク値、及び加工パルス幅を簡単に設定することができると共に、立ち上がり、立ち下がり、立ち上がり立ち下がり時間が短く、ほぼ矩形波状の放電加工電流を得ることができ、放電加工効率を向上させることができる。急峻で狭い矩形波状の加工電流を得ることができ、熱影響性のクラックなどが入りやすい炭化タンタステンなどの超硬材料や導電性セラミックスなどの材料を効率のよい加工で行うことができるようになった。ワイヤ放電加工機においては、特に加工面粗さに対する加工速度が従来に比べて著しく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】  
図1 本発明の第1の実施形態の放電加工電源装置の回路図である。  
図2 本発明の第2の実施形態の放電加工電源装置の回路図である。  
図3 本発明の第3の実施形態の放電加工電源装置の回路図である。

図4 第1の実施形態における動作タイミングと放電電流（加工電流）の波形を示す図である。  
図5 第2の実施形態における動作タイミングと放電電流（加工電流）の波形を示す図である。  
図6 第3の実施形態における動作タイミングと放電電流（加工電流）の波形を示す図である。  
図7 従来の放電加工電源装置の回路図である。  
図8 従来の放電加工電源装置において直放電源の電\*

\*圧を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図9 従来の放電加工電源装置において直放電源の電圧を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図10 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図11 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図12 加工パルス幅を調整できるように再生用直放電源を有する従来の放電加工電源装置の回路図である。  
図13 図12に示す従来の放電加工電源装置において再生用直放電源の電圧を上げた場合の動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図14 図12に示す従来の放電加工電源装置において再生用直放電源の電圧を下げた場合の動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

【符号の説明】  
1 主直放電源  
2 副直放電源  
T1, T2, T3 スイッチング素子  
D1, D2, D3 ダイオード  
W 被加工物  
P 電極

図10 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図11 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図12 加工パルス幅を調整できるように再生用直放電源を有する従来の放電加工電源装置の回路図である。  
図13 図12に示す従来の放電加工電源装置において再生用直放電源の電圧を上げた場合の動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図14 図12に示す従来の放電加工電源装置において再生用直放電源の電圧を下げた場合の動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図15 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図16 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図17 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図18 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図19 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図20 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図21 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図22 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図23 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図24 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図25 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図26 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図27 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図28 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図29 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図30 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図31 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図32 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図33 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図34 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

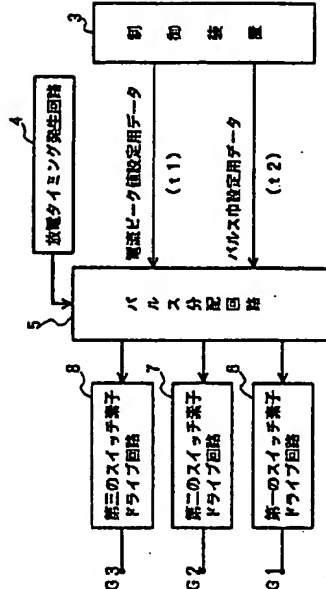
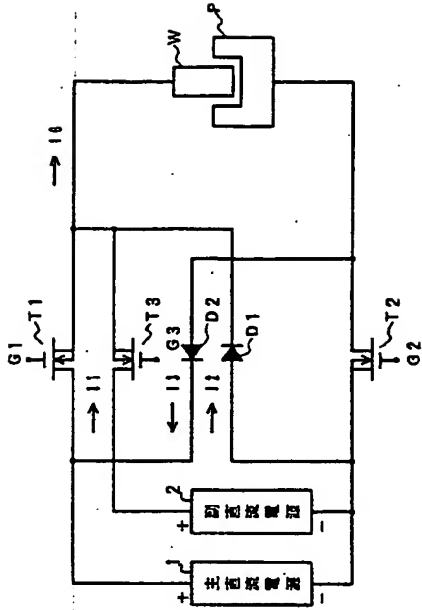
図35 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図36 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図37 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図38 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図39 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図40 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図41 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図42 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

図43 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図44 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図45 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図46 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

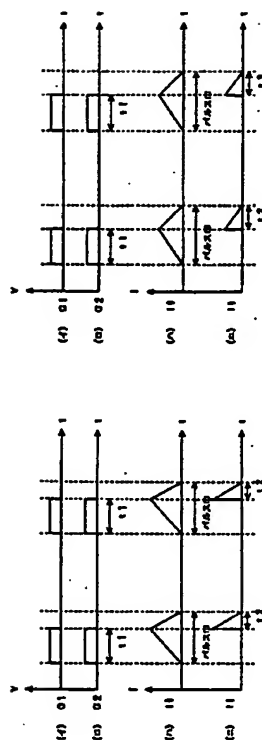
図47 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図48 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図49 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を上げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。  
図50 従来の放電加工電源装置において電流ピーク値を下げたときの動作タイミングと放電電流の波形を示す図である。

【図1】



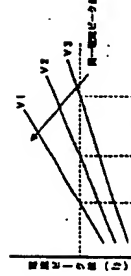
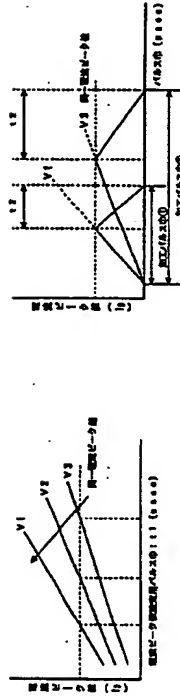
【図8】

【図9】

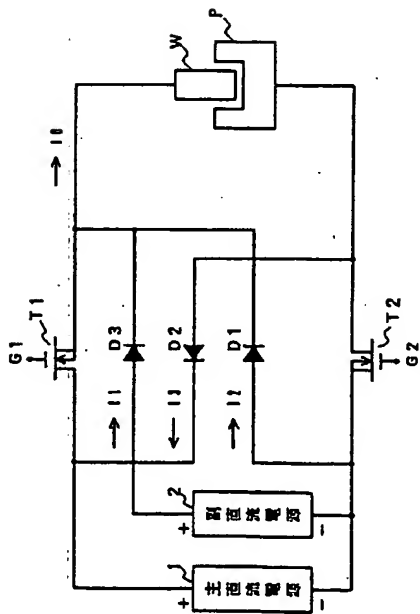


【図10】

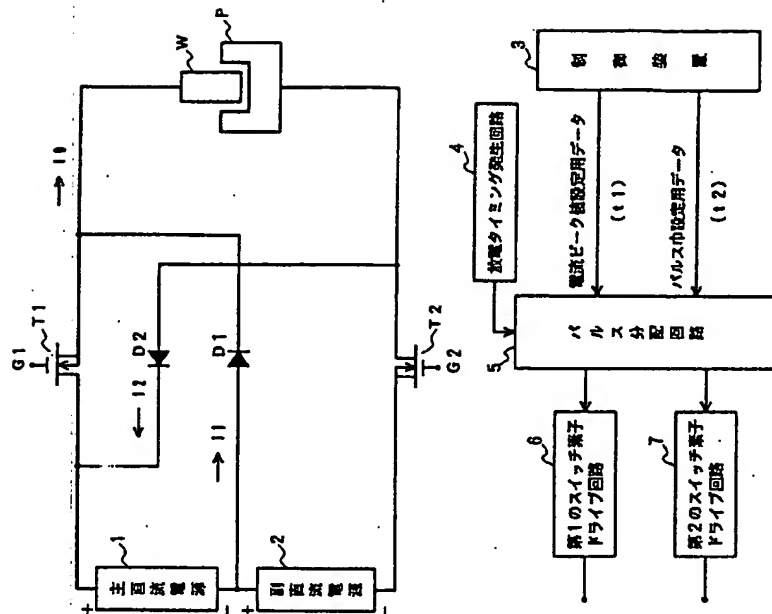
【図11】



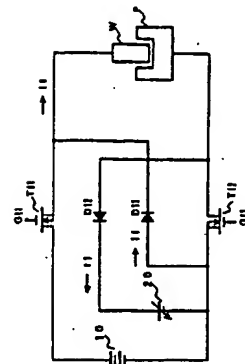
【図2】



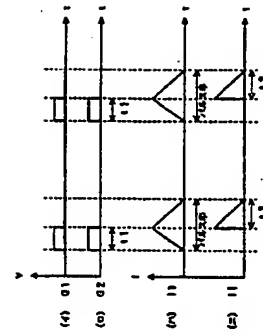
【図3】



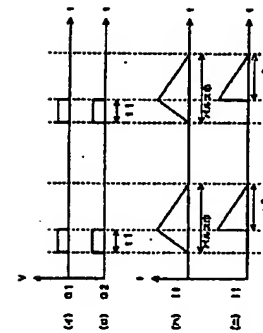
【図12】



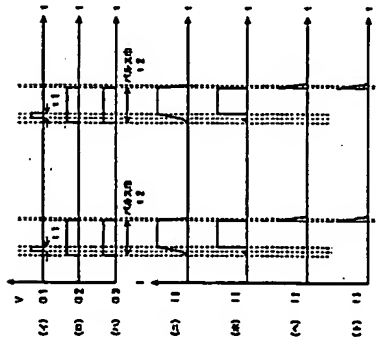
【図13】



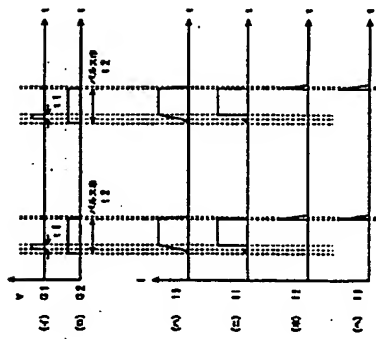
【図14】



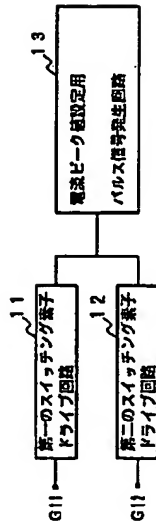
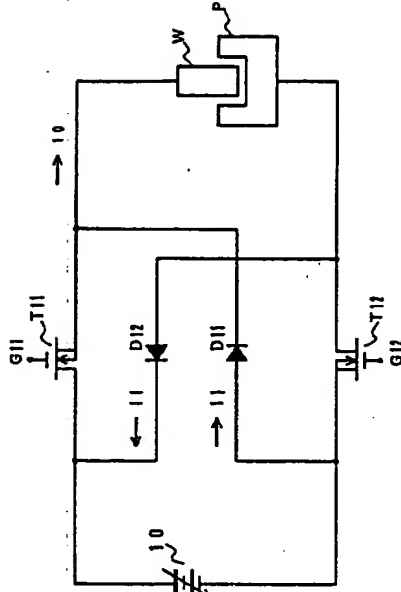
(図4)



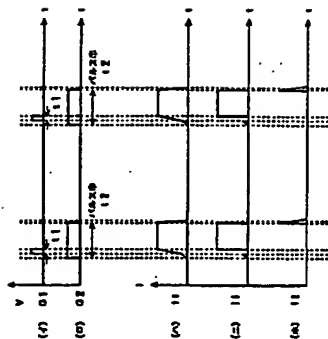
(図5)



(図7)



(図6)



(手続補正書)

(提出日)平成10年9月1日

(手続補正1)

(補正対象書類名) 明細書

(補正対象項目名) 請求項1

(補正方法) 変更

(補正内容)

(請求項1) 主直流電源と、該主直流電源よりも出力電圧が低い副直流電源を備える放電加工機の放電加工電源装置において、上記主直流電源及び副直流電源より電流を流し、主直流電源による電圧印加を停止した後は上記副直流電源より電圧を印加して放電電流を保持させ、副直流電源から電圧印加を停止した後、回路中に蓄積された誘導エネルギーを上記主直流電源に帰還させるようにしたことを特徴とする放電加工機の放電加工電源装置。

(手続補正2)

(補正対象書類名) 明細書

(補正対象項目名) 0016

(補正方法) 変更

(補正内容)

(0016)

(図6)を解決するための手段) 本発明は、主直流電源と、該主直流電源よりも出力電圧が低い副直流電源を設け、スイッチング手段によって、上記主直流電源及び副直流電源より電極と被加工物間に電圧を印加して放電電流を流し、主直流電源による電圧印加を停止した後は上記副直流電源より電圧を印加して放電電流を保持させ、副直流電源からの電圧印加を停止した後、回路中に蓄積された誘導エネルギーを上記主直流電源に帰還させるようにする。これにより、放電電流の立ち上がり急峻に主直流電源からの電圧印加を停止したときのピーク電流値を副直流電源によって保持し、かつ、電圧印加が停止した後は誘導エネルギーを主直流電源に帰還させることにより放電電流の立ち下がり急峻にして電極形状

状の放電パルス電流を得る。

フロントページの続き

(72)発明者 梶井 章博

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番  
地 ファナック株式会社内

(72)発明者 川原 章義

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番  
地 ファナック株式会社内